

Radar를 이용한 초단시간 강우예측자료의 강우-유출 모형 적용성 분석

Analysis of the Applicability of Very Shortterm Rainfall Forecasts to
Rainfall-Runoff Model

김광섭*, 김종필**, 배동준***
Gwangseob Kim, Jongpil Kim, Dongjun Bae

요 지

우리나라의 태풍과 국지성 집중호우로 인한 풍수해 빈도는 점진적으로 증가하고 이와 관련된 인명 및 재산 피해 또한 증가하고 있는 실정이다. 피해저감을 위해 정확한 강우의 이동방향 및 강우량 예측은 절실하며 이를 토대로 한 유역의 강우-유출 분석이 필요하다.

본 연구에서는 강우의 이동방향과 2차원 면적강우량을 예측하기 위한 방법으로 TREC(Tracking Radar Echoes by Correlation) 기법과 실시간 Z-R 관계식을 이용하였다. 예측된 면적강우량의 강우-유출 모의에 대한 적용성을 분석하기 위하여 분포형 수문모형을 선정하여 분석하였다. 단시간 강우예측자료의 적용성을 검증하기 위하여 대상유역으로 중랑천유역을 선정하였으며 대상유역의 조도계수, 수로폭, 경사등과 같은 GIS 입력자료를 구축하였다. 검증을 위하여 중랑교 수위관측지점의 관측 수위 및 유량에 대한 분포형 강우-유출 모형의 계산 유량을 비교·분석하였다. 대상 강우사상은 2003년 9월 11일 00시에서 13일 00시까지 태풍 “매미”가 중랑천에 영향을 미친 기간을 선정하였다. 실시간 Z-R 관계식에 의한 비 예측 강우자료를 이용한 강우-유출 결과와 예측 강우에 대한 강우-유출 결과를 이용하여 단시간 강우예측의 강우-유출 모형 적용성을 분석하였다.

핵심용어 : 초단시간 강우예측, 실시간 Z-R 관계식, TREC 기법, 분포형 강우-유출모형

1. 서 론

산업화로 인한 이산화탄소의 농도의 증가는 지구 온난화를 야기 시켰으며 극지방의 영구결빙이 녹으면서 지구 물 순환에 큰 영향을 미치는 바다의 수위가 상승하고 있다. 종발량의 증가로 인한 연강수량의 증가, 태풍의 대형화, 집중호우의 피해 등 갈수록 강우에 의한 피해가 증가하고 있으며 이러한 변화폭은 과거 100년 동안의 변화보다 최근 30년동안의 변화폭이 더 커졌다. 우리나라 강수량의 변화 특징으로는 전체적으로 연강수량이 증가하고 있는데 반해 연 강수일수는 줄어들고 있다는 것이다. 이러한 기후변화에 따른 호우의 특징은 비교적 단시간에 국지적으로 기록적인 강우를 보인다는 것인데, 이는 짧은 시간동안에 신속한 강우예측이 필요한 이유 중의 하나이다.

본 연구에서는 레이더로부터 생산된 반사도 자료를 분석하여 강우의 이동경로 및 강우강도를 예측하여 비교적 단시간내의 국지성 집중호우에 대비한다. 중규모 기상현상을 예측함에 있어서 수치예보(NWP; Numerical Weather Prediction)는 2~3시간 이후부터 믿을만한 결과를 얻을 수 있으며, 2~3시간 이전까지는 외삽법에 의한 예보방법이 오차가 더 작다(Li 등, 2004). 따라서 국지적이며 비교적 짧은 시간에 많은 강우를 동반하는 기상현상에 대하여 초단시간 예보가 필요하다.

* 정희원·경북대학교 공과대학 건설공학부 토목공학전공 조교수·E-mail : kimgs@knu.ac.kr

** 경북대학교 공과대학 건설공학부 토목공학전공 석사과정·E-mail : gangseter3569@hotmail.com

*** 경북대학교 공과대학 건설공학부 토목공학전공 석사과정·E-mail : aqoehd@nate.com

2. TREC 기법의 적용

2.1 TREC 기법의 적용

TREC 기법은 일정한 시간간격으로 제공되는 레이더 반사도 자료를 임의로 설정한 두 윈도우 사이의 최대 상관계수를 찾아냄으로써 레이더 반사도를 예측할 수 있다. 상관계수 R 을 구하는 공식은 다음과 같다.

$$R = \frac{n \sum_{i=1}^n Z_1(i)Z_2(i) - \left(\sum_{i=1}^n Z_1(i) \right) \left(\sum_{i=1}^n Z_2(i) \right)}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n Z_1^2(i) - \left(\sum_{i=1}^n Z_1(i) \right)^2} \sqrt{n \sum_{i=1}^n Z_2^2(i) - \left(\sum_{i=1}^n Z_2(i) \right)^2}}$$

전체 레이더 반사도 자료가 생산되기 전에, 주위의 이동벡터에 대하여 90도 이상 편향된 이동벡터에 대한 수정을 위하여 예비적인 일치성검사를 하였으며 연속적이고 매끈한 격자모양의 벡터장을 구하기 위해서 Cressman 가중함수를 이용한 객관분석을 수행하였다. 또한 생산된 자료로부터 semi-Lagrangian 개념을 이용한 외삽을 통하여 레이더 반사도 자료를 예측할 수 있다. 다음 그림은 이렇게 예측된 1.5km CAPPI 자료와 관측을 통하여 생산된 1.5km CAPPI 자료를 비교한 예이다.

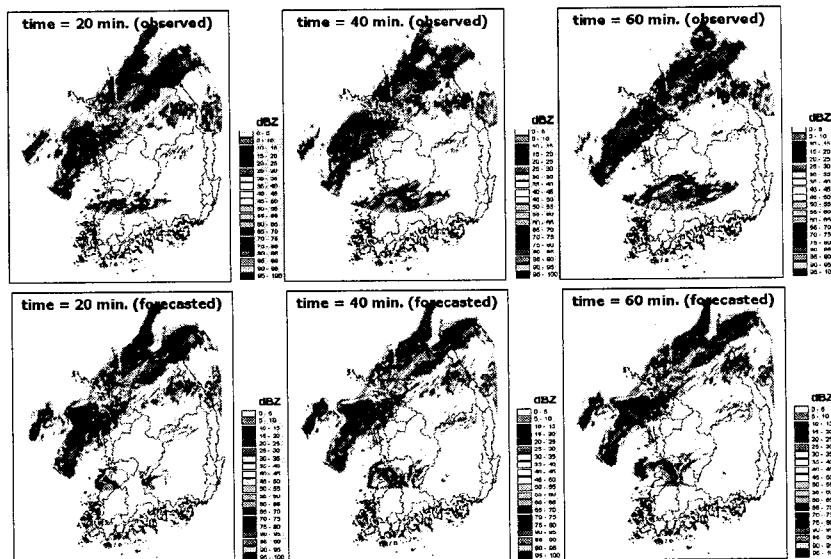


그림 1. 예측 CAPPI 자료와 관측 CAPPI 자료의 비교

2.2 현업 보정을 통한 실시간 Z-R 관계식의 적용

현업 보정은 지상의 우량계로 관측된 강우강도를 이용하여 레이더 강우강도를 보정하는 기법이다. 이 기법은 Kotarou 등(1995)이 일본의 건설성에서 운영하는 레이더 시스템을 위하여 제안하였으며, 다음과 같은 두 가지 가정을 전제로 한다.

- ⑦ 강우현상은 시간적 연속성을 가진다.
- ⑧ 지상 우량계 강우강도와 레이더 강우강도는 선형적인 관계를 가진다.

가정 ⑦은 지상 강우강도 또는 레이더 반사도를 10분 간격으로 연속해서 관측할 경우 두 인접한 관측 시각의 강우강도는 서로 높은 상관성을 갖는다는 의미이다. 이러한 가정은 충상형 강우의 경우에 대해 상당한 타당성이 있으며, 대류형 강우의 경우에도 보통 지속시간이 45~60분이므로 상당한 타당성을 가진다(정성화 외, 2005). 가정 ⑧은 보정계수를 이용하여 레이더 강우강도를 보정할 때 계산을 용이하게 하기 위한 전제이다.

$$f^i(t) = \frac{R_C^i(t)}{R_R^i(t)}$$

현업 보정의 방법은 임의의 시간 t 와 임의의 지상 우량계의 지점 i 에 대하여 지상 우량계의 강우강도 $R_C^i(t)$ 와 레이더 반사도로 산정된 강우강도 $R_R^i(t)$ 사이의 보정계수 $f^i(t)$ 를 위와 같은 관계를 이용하여 구한다. 레이더 반사도로부터 강우강도 $R_R^i(t)$ 을 구할 때 바람의 영향을 영향으로 지상 우량계 위치의 수직 방향에 존재하는 강우뿐만 아니라 그 주위의 강우도 우량계로 유입될 수 있으므로 지상 우량계 위치의 수직 방향과 그 주위의 레이더 반사도를 평균한 값으로 강우강도를 구한다. 또한 Marshall & Palmer 관계식을 적용하여 레이더 강우강도 $R_R^i(t + \Delta t)$ 를 구하고 보정계수 $f^i(t)$ 와 레이더 강우강도 $R_R^i(t + \Delta t)$ 를 이용하여 보정된 강우강도를 다음과 같이 구하게 된다.

$$R_C^i(t + \Delta t) = R_R^i(t + \Delta t) \times f^i(t)$$

이러한 방식으로 시간을 증가시키면서 동일한 과정을 반복 수행하여 보정된 레이더 강우강도를 Δt 시간 간격으로 생산할 수 있다. 다음 그림은 현업보정을 통한 실시간 Z-R 관계식을 이용하여 중랑 지상관측소의 강우량을 산정한 경우와 Marshall & Palmer 관계식을 이용하여 강우량을 산정한 경우를 비교한 것이다.

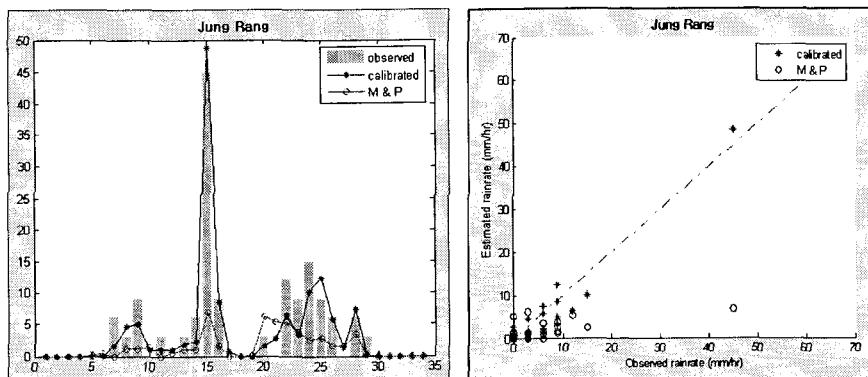


그림 2. 레이더 정량강우량 산정결과 및 지상우량계와 레이더의 강우 강도 비교

Marshall & Palmer 관계식을 이용하여 강우량을 산정한 경우 강우량이 과소 추정되었으나, 현업보정을 통한 Z-R 관계식을 적용한 경우 Marshall & Palmer 관계식보다 강우량이 정확이 산정되었으며 패턴도 거의 일치하는 것으로 나왔다.

2.3 분포형 강우-유출 모형의 적용

분포형 강우-유출 모형은 큰 유역에서 작은 유역에 이르기까지 강우-유출에 대한 해석을 할 수 있는 모형이다. GIS 기반의 입력자료를 기반으로 분포형 강우-유출 모형을 실행하게 되는데 본 연구에서는 250m×250m의 해상도를 가지고 있는 입력자료를 사용하였다. 레이더로부터 생산된 CAPPI 자료를 실시간 Z-R 관계식을 이용하여 생산한 자료를 입력한 후 중랑천 유역에 대한 분석을 실시하게 된다. 총 4가지의 입력자료(강우, 조도계수, 경사, 하도폭)를 사용하여 강우에 따른 유출을 모의 하였다.

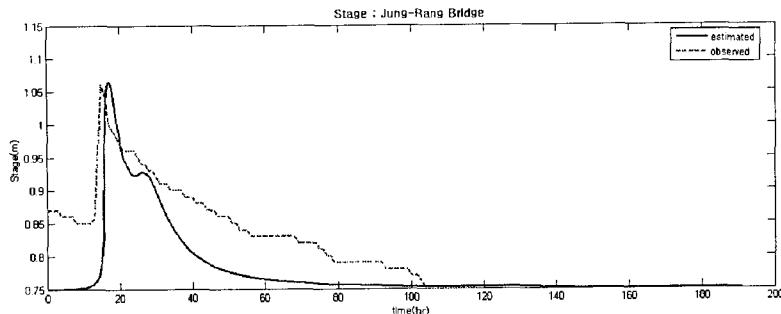


그림 3. 유출모의결과(실측 수위자료와 비교)

이 기간 관측된 최고 수위는 1.06m이었으며 이는 2003년 9월 12일 17시경에 관측되었다. 강우와 조도계수, 하도폭등을 보정한 결과는 관측된 자료와 상당히 일치하는 것으로 나타났다.

3. 결 론

본 연구에서는 레이더 CAPPI자료를 이용하여 태풍 및 국지성 집중호우와 같이 짧은 시간에 많은 강우를 동반하는 이벤트에 대하여 초단시간 예측의 필요성을 살펴보았으며 연구를 수행하였다. TREC 기법은 단시간의 레이더 반사도를 예측할 수 있는 유용한 기법이며 현업보정을 통한 실시간 Z-R 관계식은 Marshall & Palmer 관계식을 이용하여 강우량을 산정한 경우보다 더 정확한 자료를 생산할 수 있게 한다. 또한 이런 자료를 이용하여 분포형 강우-유출 모형에 적용한 결과 실측 자료와 유사한 결과를 보이고 있다. 현업보정을 통한 실시간 Z-R 관계식을 이용한 경우 패턴을 잘 따라가며 비교적 정확한 강우량 정보를 얻기에는 충분했지만 TREC 기법에 있어서 인접해 있는 시간을 기준으로 예측을 하였기 때문에 예측시간이 길수록 관측자료와 다른 결과를 보이는 경향이 있으며, 이런 한계를 극복하기 위하여 2개의 다른 시간이 아닌 둘이상의 서로 다른 시간들을 토대로 예측하면 좀 더 나은 결과가 보여질 것이라 사료된다. 또한 분포형 강우-유출 모형의 경우 좀 더 많은 입력자료의 구축은 보다 좋은 결과를 나타낼 수 있으리라 사료된다.

감 사 의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 2003년도 건설핵심기술연구개발사업 (03산학연C01-01)에 의한 도시홍수재해관리기술연구사업단의 연구성과입니다.

참 고 문 헌

- 정성화, 김경익, 하경자 (2005). “지상 우량계의 강우강도를 이용한 개선된 레이더 강우강도의 실시간 추정.” *한국기상학회지*, 제41권, 5호, pp. 751-762.
- Fujiwara, M. (1965). “Raindrop-size distribution from individual storms.” *Journal of Atmospheric Science*. vol. 22, pp. 585-591.
- Kotarou, T., Takumi, N. and Takaaki, Y. (1995). “Operational calibration of raingauge radar by 10-minute telemeter rainfall.” *3rd International Symposium on Weather Radars*, Sao Paulo, Brazil, pp. 75-81.
- Li, P.W. and Edwin S.T. Lai. (2004). “Short-range quantitative precipitation forecasting in Hong Kong.” *Journal of Hydrology*, vol. 288, pp. 189-209.